低温核融合と極微弱レベル中性子計測

(東京大学)中沢 正治, 柴田 徳思, 井口 哲夫,

(北海道大学)秋本 正, (東北大学)新村 信雄,

(日本原子力研究所)大山 幸夫, (武蔵工業大学)相沢 乙彦

体重 60 kg の人間は, 宇宙線の核反応により毎秒 1 個の中性子放出線源となっている。この宇宙線中性子レベルの極微弱強度の高感度中性子計測法が, 最近の低温核融合の追試研究を通じて, 最も著しい技術的飛躍を示している。

本稿は, その具体的内容を有機液体シンチレータ方式と減速材方式について, 実際の構成, 使用例と問題点, 特にバックグラウンド中性子の低減化策を中心に解説したものである。

1. 緒 言—中性子計測入門

低温核融合(Cold-Fusion, または常温核融合, 試験管核融合)現象⁽¹⁾⁽²⁾を追求する時, このような極微弱レベルの中性子計測法が, ほとんど未確立であることがわかった。ここで, 極微弱レベルとは, 宇宙線中性子のバックグラウンドレベルと定義しておこう。従来, 核物理, 炉工学, 保健物理など多くの分野で, 中性子計測技術が使用されてきたが, バックグラウンドとしての宇宙線中性子を気にしていたのは, 中性子スカイシャイン実験, 宇宙線研究グループなど極めて限られた範囲のグループであったといえる。

このレベルの中性子計測器は, まず高感度でなければならない。代表例は2種類あって, 1つは数 cm³以上のサイズの含水素シンチレータ(有機液体シンチレータが典型例)を用いる方法であり, もう1つはパラフィンやポリエチレン中に BF₃ ガスや ³He ガスの計数管を入れる減速方式である。多くの追試は, このいずれかの方式を採用しており, 以下に詳しく説明される。なお, 高速中性子測定用のシンチレータに減速材の役割を持たせるという有名な Jones の方式(後述の第2図参照)は, 両方式の併用であるといえよう。

高感度な測定器は, 雑音成分(電子回路や外来ノイズ, バックグラウンド中性子や他の放射線による信号)が少ない必要がある。例えば, 大型の ⁶Li ガラスシンチレータは高感度であるが γ 線の雑音成分が多いので, そのままでは高感度測定器として使用できない。各測定器の性能を高感度, 低雑音の観点から評価した結果が第1図である。なお, ここで中性子源換算雑音

とは, その測定器の雑音計数値 B cps を, 中性子源検出効率 ϵ で除した値 B/ϵ の値のことである。同図中に B/ϵ^2 の値によるランク付けを行なっているが, これは, 雑音を差し引いた真の測定値の誤差を示すインデックスである。低温核融合による中性子発生を確認したといわれているところは, おおよそ1級, 特級の性能を有していることがわかる。(東大・中沢正治)

第1図 高感度中性子測定器の性能比較

Cold Fusion and Low Level Neutron Measurements: Masaharu NAKAZAWA, Tokushi SHIBATA, Tetsuo IGUCHI, Tadashi AKIMOTO, Nobuo NII-MURA, Yukio OYAMA, Otohiko AIZAWA.

(1989年 11月 9日 受理)

II. 有機液体シンチレータを用いた 追試例と問題点

1. Jones らブリガムヤング大と

Gai らエル大の両グループの方法

有機液体シンチレータを用いた国外の代表的追試例として、本章では、事の発端となったS.E. Jones らブリガムヤング大学グループとその結果を全面的に否定したM. Gai らエル大学グループの中性子検出器を紹介する⁽¹⁾⁽²⁾。これら両者の中性子計測に共通の工夫は、同時計数技術を使って、検出効率をあまり劣さずに効果的なバックグラウンドの低減を図ったところにある。

Jones らが用いた中性子検出器は、第2図に示すように、12.5 cm ϕ ×12 cm L の円筒型ルサイト容器中に有機液体シンチレータ(BC-505)を満たし、さらにその中に3つの⁶Liガラスシンチレータを浸して、両側に光電子増倍管を配置した構成となっている。入射した高速中性子は、まず液体シンチレータ中の水素原子と多重散乱してエネルギーを付与し、それに相当するシンチレーション光を発生する。次に、エネルギーを失った中性子は拡散して⁶Liガラスシンチレータに吸収され、⁶Li(n, α)T反応に起因するシンチレーションを生成する。この両者のシンチレーション光は、2つの光電子増倍管からのパルス波形と波高から容易に識別でき、両パルスの時間差 $\sim 20 \mu\text{s}$ 以内(高速中性子のシンチレータ中における平均的な熱化・拡散時間に相当)の遅延同時計数をとることで、対象とする $d-d$ 中性子の選択が行われる。

実際の追試実験では、バンデグラフ加速器による

第2図 Jones らが用いた中性子検出器系

$d-d$ 単色中性子源を用いて、本検出器の応答関数が測定され、2.45 MeV 中性子に対応する出力波高領域が決定された。第3図は、追試時に測定された出力波高分布の例であるが、45 $\sim$ 150 chの領域が2.45 MeV 中性子の出力に対応しているとのことである。この領域の計数値について、測定系の安定性やバックグラウンド中性子/ γ 線の寄与を実験的に評価しており、バックグラウンド計数率として $\sim 10^{-3}$ cps が達成された。また、モンテカルロ中性子輸送計算(MCNPコード)によっても検出器応答が評価されており、 $d-d$ 中性子とバックグラウンド中性子スペクトルに対する出力波高分布の違いが検討されたほか、電解セルの幾何学的配置を含めた検出効率が $\sim 1.0\%$ と見積もられた。この検出器性能をもとに、Jones らは、バックグラウンドレベルに比べて4 $\sim$ 5 σ の統計的に有意な差で、電解セルからの $d-d$ 核融合反応中性子の発生($\sim 0.4 \text{ n/s}$ 相当)を確認したと報告している。

第3図 Jones らの中性子検出器からの出力波高分布例

一方、Gai らが用いた中性子検出器系は、第4図に示すように、正五角形で厚さ10 cmのNE-213シンチレータを中心に置き、その周囲に六角形状の同様のNE-213シンチレータ5本を対称的に配置した構成となっている。周辺の検出器中心は、中央の検出器中心に対して、下45°斜め方向に $\sim 20 \text{ cm}$ 離れた円周上に固定されているので、電解セルから発生した高速中性子が、まず中央検出器内で1回目の弾性散乱を受けると、反応力学的な関係からその約半分のエネルギーの散乱中性子のみが周辺検出器に入射することになる。したがって、中央検出器での信号をトリガーとし、周辺検出器へ到達する1回散乱中性子の飛行時間を測定するこ

第 4 図 Gaiらが用いた中性子検出器系

とで、入射中性子のエネルギーを同定することができる。この2検出器間の散乱中性子の同時計数モードにおける検出効率¹⁾は、²⁵²Cf中性子源を用いて評価した結果、Jonesらの検出器の同程度の $\sim 1.0\%$ と見積もられ、さらにバックグラウンド計数率として、1対の検出器間当り1.0cph以下(5つの周辺検出器を合わせると、平均 ~ 1.6 cph)という極低レベルが達成されている。本検出器系での追試実験によると、バックグラウンドレベルから統計的に有為な中性子発生は全く観測されず、その中性子発生量の上限はJonesらの報告した値の少なくとも $1/50$ 以下であるとの結論を下している。

なお、第4図は、 p - d 反応によって生成される ~ 5.5 MeV γ 線検出用のNaI(Tl)シンチレータや大面積プラスチックシンチレータからなる高エネルギー宇宙線検出用のVETO(反同時計数)カウンタも示されている。

(東大・井口哲夫)

2. 北大グループの使用例

当初、FleischmannとPonsレベルの反応であれば、比較的容易に2.45 MeVの中性子が検出されるだろうと考え、NE 213検出器による波高分布測定を始めた。電極にPd板(40×20×1 mm)等を用い、4,000 s間隔で電流を断続的に流して測定を行なった。しかし、ON、OFF時における有意な差は観測されなかった。そこでバックグラウンドを低減させるとともに、気温変動による測定系のドリフトを極力抑え、また光電子増倍管の熱雑音を減少させるために地下約5 mの実験室で再開した。実験室の温度は $14.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ であった。また中性子レムカウンタでの測定結果は約 $0.012 \mu\text{rem/h}$

(地上： $0.3 \mu\text{rem/h}$ の約 $1/20$)である。

実験は重水電解法で行なった。電極には予め重水素ガスを吸収させたPd管(外径3 mm、内径2 mm、長さ10 cm)を使用した。検出器にNE 213(5"φ×5"t)を用い、 γ - n 波形弁別後、波高分布測定を行なった(第5図)。検出器はB₂O₃(10%)入りポリエチレン10 cmとPb 6 cmで周りを遮蔽した。測定は、電流OFFの状態(Bg. Run)で約10日間、引き続きONの状態(Sig. Run)で約3週間行なった。データはそれぞれ測定開始時からの積分値として求めた。測定系のゲイン変動は、マーキュリーパルサを使用してチェックしたものでは1,000 chで初期設定値から1 chずれていることもあった。Sig. Runデータは、2.45 MeVの中性子によるものではないかと思われる盛り上がりがあり、かすかではあるが観測され、Sig. RunデータとBg. Runデータとの差をFERDORコードで処理し、エネルギースペクトルに変換した結果、2.5 MeV近辺に盛り上がりが見られた。

若干なりとも核融合が起こっているのではないかと思われる結果が得られた。大ざっぱにはJonesレベルの核融合反応が起こっているのではと考えられるが、定量的な評価ができる段階ではない。使用している測定系はごくありふれた波高分布測定系であり、今回の実験で肯定的な結果が得られているとすれば、実験環境の良否や、電極の処理により少し反応数が多いことなどによるのではないかと思っている。一応発生機構としてクラック説を考えているが、この機構が正しければ、それなりの情報が出ているはずで、それを利用できないかと考えている。(北大・秋本 正)

第 5 図 NE-213 シンチレータ測定系(北大・工)

3. 原研-東京農工大の使用例

原研と東京農工大との共同研究では、農工大で予め電解特性を調べた電極・電解液の組合せについて、NE 213 液体シンチレーション検出器を用いて 2.5 MeV の中性子を直接測定している。使用している検出器は直径 127 mm、長さ 50 mm の BA 型と呼ばれる市販のもの

で、第 6 図に示すように、2 台を対向させて配置し、周りを Pb 10 cm とパラフィン 5 cm (上部は 20 cm) で取り囲んでいる。検出器からの信号のうち、 γ 線成分の多い低波高の信号を除くため比較的高いバイアス(しきい値)を設定し、さらに波形弁別法を用いて γ 線信号の混入の少ない中性子成分を取り出している。

第 6 図 原研 FNS での測定システム

この測定システムを用いれば、サンプルで発生する核融合中性子 1 個に対して、検出器 1 台につき 2~4 % の検出効率を得られる。検出器でのバックグラウンドは約 0.02 cps であるので、本システムを用いて統計的な揺らぎ(標準偏差の 3 倍)以上に核融合中性子を観測できる測定下限は、約 30 h 計測を続けたとして 0.05 ~ 0.1 回/s の核融合に相当する。実際には計測システムの時間安定性が問題となり、下限はもう少し高い。

一方、熱サイクルによるガス吸脱方式の核融合等で

バースト状に放出される中性子に対しては、短時間間隔の計数サンプリングの分布がバックグラウンドの計数が従うポアソン分布からはずれることで観測できる。われわれは χ^2 検定法によって比較を行い、 χ^2 値の大きさの頻度分布を調べた。核融合がバースト状であれば、この方法の測定下限は上述の平均計数率の測定に比べて 1 桁以上低いことが期待される。幾つかのサンプルに対する実験結果のうち、1 % の有意水準に比べて非常に高い χ^2 値を示す例が 2 例あった。しかし、

バックグラウンド・サンプルに対してもかなり χ^2 値の高い例があり、再現性を含めてさらに検討する必要がある。(原研・大山幸夫)

Ⅲ. 減速材型熱中性子検出法 による追試例と問題点

1. ロスアラモス研 Menlove らの使用例

BF_3 ガスや ^3He ガス比例計数管等の $1/v$ 型熱中性子検出器にポリエチレン等の中性子減速材を組み合わせると、高エネルギー中性子に対する感度を上げることができ、従来より中性子線量計によく利用されている。特に、中性子源の周りを減速材で取り囲み、発生した高速中性子が減速・熱化されて、ほとんど熱中性子検出器に吸収されるような配置を作ると、中性子検出感度を飛躍的に高めることができる。減速材型熱中性子検出器系の一般的な特長は、出力波高分布に現れる熱中性子ピーク領域に弁別レベルを設けて計数することで、バックグラウンド γ 線に対して不感にでき、また測定回路系が簡単なため長時間安定性にも優れているところにある。中性子エネルギーの弁別が困難であるため、バックグラウンド中性子の変動をまともに受ける可能性があり、特に高感度になると、測定試料や人間等を含む検出器周囲の中性子散乱体の配置によっても、検出感度に影響の出ることが知られている。また測定回路系の安定性についても、本追試実験のように S/N 比が非常に低い場合には、ガス比例計数管の高電圧印加に伴う局所的絶縁部放電による疑似信号や電気的あるいは音響・振動によるノイズレベルのドリフト等にも十分注意を払う必要がある。

この減速材型熱中性子検出法による国外の代表的な追試例としては、H.O. Menlove ら LANL グループの中性子検出器系が第一に挙げられるが、この種の中性子検出器系の構成は、他のグループの追試例においても類似したものが多い⁽³⁾。

第7図は、Menlove らの使用した中性子検出器の基本構成で、もともと U, Pu 等の核分裂物質の定量を自発核分裂中性子の計数によって行うために設計されたものである⁽⁴⁾。直径34cmの円筒型ポリエチレン減速材の中心に、17.5 cm ϕ ×41 cmLの試料設置用の空洞を設け、周囲に18本の ^3He ガス比例計数管(Reuter-Stokes社製、2.54 cm ϕ ×50 cmLの有感領域、4 atm, $^3\text{He} + \text{Ar} + \text{CH}_4$ ガス充填)が並べられている。これら ^3He ガス計数管は、Al製内張りの間隙へ封入されており、電磁ノイズ対策および乾燥剤充填による高電圧印加部の湿気対策が施されている。また検出器出力は3本ず

つまとめられて、6系統の電荷型前置増幅器とディスクリミネータのハイブリッド回路に直結され、信号伝送途中のノイズ混入を避ける配慮がなされている。このハイブリッド回路から出力されたロジックパルスは、シフトレジスタとバッファメモリーを用いた同時計数回路へと送り込まれ、発生信号間の時間相関(同時計数の時間ゲート幅 $\sim 128 \mu\text{s}$; 検出器中での中性子滞留時間の約3倍に相当)をモニタできるようになっており、バースト状中性子の検出に利用されている⁽⁵⁾。

第7図 Menlove らが用いた中性子検出器系

^{252}Cf 中性子源で校正した結果では、 $\sim 34\%$ もの非常に高い検出効率を実現しているが、バックグラウンド中性子の計数率も、0.24 cpsとかなり高くなっている(本実験の S/N 比にして0.1 $\sim$ 0.3)。Menlove らは、電気/音響ノイズの影響のほか、 γ 線(1 R/hまで)、温度効果(-40°C まで)、長時間測定に対する検出感度の安定性を十分チェックした上で、100 μs 以内で10 $\sim$ 300 nのバースト上中性子の発生、0.05 $\sim$ 0.2 n/s相当(バックグラウンドレベルに比べて $\sim 11\sigma$ 以上)の時間的にランダムな中性子発生を観測したと報告している。

(井口哲夫)

2. 東北大・核理研の構成例

東北大・核理研を中心にした東北大グループは、第8図に示すような減速材型中性子計測系*を用いてPdを

* その後、減速材の配置を変更し、計数効率6.5%、バックグラウンド0.015 cpsと改善した。

陰極にし、重水電気分解方式で常温核融合の追試を行なった。中央に電気分解セルを置き、厚さ8cmのポリエチレン円筒がそれを取り囲み、その外周に1"φ、有効長15cm、 ^3He 中性子検出器を12本並べて配置した。電気分解セルを置く位置に ^{252}Cf 標準中性子源を置き、全系の計数効率を求めると2.0%であった。バックグラウンドの遮蔽として、 ^3He 検出器の外周をCd板および過飽和ホウ酸入り水(約50cm厚)でおおい、全系を天井等が1mコンクリートで出来た地下室に置いた。この系でのバックグラウンドは0.005 cpsであった。

- ①：電気分解セル ④：Cd板
②：ポリエチレン ⑤：過飽和ホウ酸
③： ^3He 検出器 入り水

第8図 東北大・核理研の測定システム配置図

この系で測定した結果の1例を第9図に示す。横軸は実験番号で、1回の測定は12hである。図で■印は電気分解を行っていない時の結果で、計数は12本の検出器の計数の総和である。●印は、前処理(800℃で24h脱気)を行なったPd(5mmφ×30mmH)を、LiOD 0.1M 重水中で80mA/cm²電流で電気分解した時の結果である。検出器の計数効率を考慮すると、最大値で245±110回/h、平均で120±110回/h中性子発生事象が起きたことになる。なお、同条件でH₂Oの電気分解を行なった結果は、バックグラウンドと同程度の計数しか得られなかった。(東北大・新村信雄)

3. 武蔵工大での構成例

武蔵工大・原子力研究所では、第10図に示す中性子検出システムを用いて追試が行われている。図からも明らかなように、まず宇宙線等の中性子バックグラウンドを減少させる目的で、ホウ酸水を入れたポリエチレンタンクを積み重ねて遮蔽空間をつくり、その中に

第9図 東北大・核理研での測定結果の例

Cd板で覆ったポリエチレンブロックで減速材領域をつくり、中央に20×40×40cm³の空間を設けて実験を行なっている。

^3He カウンタ(直径1", 有効長12", 6atm)は全部で9本を、第11図に示すように、3本ずつA, B, Cの3チャンネルに分けて独立に測定系を備えている。この系の検出効率は、1985年6月28日に校正された ^{252}Cf 中性子源(2.4×10^6 n/s)を用いて測定され、全空間平均で4.8%、空間内最大効率は8.4%である。また9本の ^3He カウンタの出力はSum Ampで加え合わされ、パルス波高分布が測定されている。これは電氣的ノイズを波高分布で弁別するためのものである。さらに、この出力はPRA(Pulse Rate Analyzer)に入力され、ゲート幅100μsで頻度分布の測定が行われている。これは、中性子が短いバースト状に発生した場合、測定時間(例えば2,000s)内の平均値としてはほとんど変化しなくても、ゲート幅100μsの間に数カウントの計数があった場合、それを弁別するためのものである。

これまでに本装置を利用して研究を行なっているグループは、東工大・岡本教授のグループと武蔵工大・星野教授のグループであるが、当研究所では通常1日5hの原子炉運転を行なっているため、運転中の中性子バックグラウンドが多少変動することもあり、主に原子炉運転終了後から夜間にかけて実験を行わなければならないのが問題点である。(武蔵工大・相沢乙彦)

第10図 武蔵工大炉の中性子検出系ジオメトリー

第11図 武蔵工大炉の中性子測定系ブロック図

Ⅳ. バックグラウンド中性子の測定と低減化

1. 宇宙線中性子の測定

1 次宇宙線の99%を占める高エネルギー陽子が、地球上の大気、水、土等とスター型核反応をして2次中性子を発生する。これが宇宙線中性子といわれるものであり、世界各地の宇宙線研究グループにより常に測定されている。日本では、理研の宇宙線研究室が板橋分室で測定している。最近の測定結果の例を第12図に示すが、変動幅は約20%前後である。なお、大気圧が1%(10 mb)減ると、地表面レベルの中性子束は0.8%ほど増えることがわかっている。第12図は、この大気圧変動につき未補正であり、東京地区以外でこのデー

タを使用するとき、気圧差の補正が必要である。図中、1989年9月29日12時(UT)のピークは、30年ぶりといわれる太陽の強い黒点活動によるもので、1989年は太陽の高活動期でもある。なお、地表面レベルに到達した宇宙線による中性子発生率は、水60kg 当り毎秒1個であり、これより人間1人当り毎秒1個の中性子源であるといえる。

また、地表面上での中性子束は $8 \times 10^{-3} n/cm^2 \cdot s$ であり、これは上空にいくと指数関数的に増加し、高度10,000 mで約100倍になる。地下にいけば、宇宙線自身が減少し、中性子自身も遮蔽されるので、宇宙線中性子は減少するが、この点についての系統的データはほとんどない。

(中沢正治)

第12図 宇宙線中性子の測定結果(理研・板橋分室, 1989年9月16日～11月1日)
(ただし、大気圧変動分未補正データ)

2. バックグラウンドの測定と低減化の例

常温核融合の中性子発生を検証する目的の1つとして行なったNE 213と ^3He 検出器を用いたバックグラウンド測定とその低減化について述べる。

(1) $2''\phi \times 2''$ NE 213による結果

パルス波形で中性子と γ 線を分離して測定する場合、微弱中性子測定では分離の良さが最も重要な点である。手持ちの $3''\phi \times 3''$ と $2''\phi \times 2''$ とを比較した場合、総合的には $2''\phi \times 2''$ が良い結果を示した。電気分解セルに近接して設置した時の効率率は1.3%、地上で遮蔽なしの場合バックグラウンドは $3.5 \times 10^{-2} s^{-1}$ であった。これを水換算5 mの地下室(田無地区)で測定した場合 $1.5 \times 10^{-2} s^{-1}$ となった。 γ 線の遮蔽を十分にしない限り、バックグラウンドの低減は困難である。複数の検出器を用いる場合には、Gai α が行なったようにTOFと組み合わせることにより低減することがで

きる。

(2) ^3He 検出器を用いた場合

10 atm, $2''\phi$ の球形 ^3He 検出器を15 cm ϕ のポリエチレン減速材で囲んだ系で測定した結果、効率は0.66%、地上で遮蔽なしのバックグラウンドは $2.9 \times 10^{-2} s^{-1}$ 、宇宙線研鋸山地下実験室(水換算180 m)で遮蔽なしの場合 $2.1 \times 10^{-3} s^{-1}$ 、さらに、ホウ酸を混ぜた水30 cmで遮蔽した場合 $2.7 \times 10^{-4} s^{-1}$ を得た。この結果、バックグラウンドの低減が可能であるとわかったので、第13図に示すように、電解セルをポリエチレン減速材で囲み、その中へ2個の10 atmの ^3He 検出器を埋め込んだ系を作って測定を始めている。この系に対し効率は3.4%、バックグラウンドは $5 \times 10^{-4} s^{-1}$ を得ている。今後、この系を使用して他グループの電解セルを用いた相互比較も行う予定である。なお、効率の測定は ^{252}Cf を用いて行なった。

(東大・柴田徳思)

第13図 ポリエチレン減速材と ^3He 検出器を用いた電解セル用の中性子測定系(東大核研)

3. その他のバックグラウンド低減化策

地下でのバックグラウンド中性子測定の低減化の例は、東北大地震研地下50mで約1/50、前出の宇宙線研鋸山地下100mの実験室で約1/100になるとの結果が得られている。したがって、地下1,000mの宇宙線研神岡鉱山では約1/1,000になるものと考えられる。なお、神岡のカミオカンデ(4,500 lの水チェレンコフ型検出器)では、検出器中央部で $\text{Ni}(n, \gamma)$ 反応を用いると、効率10%、バックグラウンド $1\sim 6 \times 10^{-6}$ cpsの超高感度中性子測定が可能と試算され、平成2年度に着手することが計画されている⁽⁹⁾。

地下方式以外に、外来放射線をVETOカウンタで検出してアンチコインシデンスをとる方式、または、あ

る方向からきた中性子だけに感じるようにする方式も考えられている。なお、地表面であっても、水タンク50cmで遮蔽するとバックグラウンドが $1/2\sim 1/4$ に減少するという報告があるので⁽¹⁰⁾、幾つかの方法を組み合わせることが最適であろうと予想される。

(中沢正治)

V. ま と め—今後の課題

極微弱レベル用の高感度中性子測定器の構成、使用例、問題点や宇宙線中性子の現状を説明してきた。高感度化、低雑音化に関する説明が中心であったが、今後の課題の第一は、高安定化による信頼性向上であろう。時間的変動を抑えるとともに、一過性の雑音、振動や外来ノイズ、チャージアップによる微少放電などに対する技術的なノウハウの蓄積が当面の課題である。この意味で、出力信号パルスのエネルギー分析、パルス波形分析など、多面的な工夫が必要になるであろう。

宇宙線中性子の発生、挙動とその低減化についても、遮蔽物質の選択とその厚さによる変化などが検討課題の一つである。中性子バックグラウンドレベルに対する建屋構造、地中深度の影響など不明の部分も多く、詳細な測定が必要であろう。

当面の最大の目的は、Cold-Fusionが確実に検証されてGold-Fusionになることであるが、この研究の一環として極微弱レベルの中性子計測法が成長すれば、その波及効果も大いに期待されるところであり、これも今後の課題の一つに付け加えることができよう。

(中沢正治)

— 参 考 文 献 —

- (1) JONES, S.E., et al.: *Nature*, **338**, 737 (1989).
- (2) GAI, M., et al.: *ibid.*, **340**, 29 (1989).
- (3) MENLOVE, H.O., et al.: *LA-UR-89-1974*, (1989).
- (4) MENLOVE, H.O., et al.: *Nucl. Technol.*, **71**, 497 (1985).
- (5) SWANSEN, J.E., et al.: *Nucl. Instrum. Methods*, **176**, 555 (1980).
- (6) FLEISHMANN, M., et al.: *J. Electroanal. Chem.*, **261**, 301 (1989).
- (7) 水野忠彦, 他: 核融合炉, **22**, 15 (1989).
- (8) 高橋一博(理研): 私 信.
- (9) 戸塚洋二(宇宙線研): 私 信.
- (10) 井上信幸(東大・工): 私 信.